

**Analisis Kualitas Drainase Terhadap Kerusakan Dini Perkerasan
Lentur Dengan Metode Bina Marga 2002
(Studi Kasus : Ruas Jalan Prof Suharso km 0 + 000 - km 1 + 500
Boyolali, Jawa Tengah)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh :

ERWANDA BHOING SETIYANSAH

D100150044

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS KUALITAS DRAINASE TERHADAP KERUSAKAN DINI PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE BINA MARGA 2002

**(Studi Kasus : Ruas Jalan Prof Suharso KM 0+ 000 – KM 1 + 500,
Boyolali, Jawa Tengah)**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh :

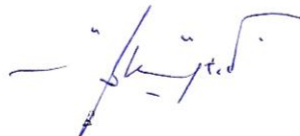
ERWANDA BHOING SETIYANSAH

D100150044

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen

Pembimbing :



Ir. Agus Riyanto.,MT

NIDN. 0602036201

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KUALITAS DRAINASE TERHADAP KERUSAKAN DINI PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE BINA MARGA 2002

**(Studi Kasus : Ruas Jalan Prof Suharso KM 0+ 000 – KM 1 + 500
Boyolali, Jawa Tengah)**

OLEH

ERWANDA BHOING SETIYANSAH

D100150044

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik Sipil

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Sabtu 17 Oktober 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Agus Riyanto.,MT

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Ika Setiyaningsih, S.T.,M.T

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)



Dekan Fakultas Teknik

Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D

NIDN. 0630126302

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 November 2021

Penulis,



ERWANDA BHOING SETIYANSAH

D100150044

**ANALISIS KUALITAS DRAINASE TERHADAP KERUSAKAN DINI
PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE BINA MARGA 2002
(Studi Kasus : Ruas Jalan Prof Suharso KM 0 + 000 – KM 1+ 500
Boyolali, Jawa Tengah)**

Abstrak

Drainase merupakan salah satu faktor penting yang menyebabkan terjadinya kerusakan jalan. Kondisi drainase yang buruk tidak dapat menampung debit air yang tinggi, sehingga terjadi luapan air ke badan jalan. Aspal pada badan jalan yang terkena air secara terus menerus dan ditambah dengan beban lalu lintas akan berkurang daya ikatnya, sehingga agregat pada aspal akan terlepas dan membantu air masuk ke dalam pori pori aspal. Badan jalan yang sudah terdapat retakan akan sangat mudah dimasuki oleh air yang akan meresap sampai pada permukaan bawah jalan, dengan begitu jalan akan mengalami kerusakan. Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Prof Suharso KM 0 + 000 – KM 1 + 500 yang terletak di wilayah Kabupaten Boyolali merupakan jalan kabupaten, yang berfungsi sebagai jalur lingkar luar Kota Boyolali menuju Surakarta dengan beban jalan tergolong tinggi. Dengan menggunakan Metode Bina Marga 2002 sebagai parameter kerusakan, sedangkan perhitungan analisis realibilitas, M_R , nilai ITP dan nilai $ESAL$ menggunakan data primer dan sekunder. Untuk mengetahui kualitas drainase menggunakan analisa debit sebagai parameternya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui analisis kerusakan dini perkerasan lentur dan pengaruh kualitas drainase terhadap kerusakan perkerasan lentur. Hasil penelitian ini menunjukkan berdasarkan hasil survei secara visual di lapangan, Ruas Jalan Prof Suharso didominasi oleh kerusakan retak kulit buaya dengan 66,08% dari luas total keseluruhan. Kondisi ini dapat terjadi karena beberapa faktor, yaitu karena drainase jalan dalam kondisi buruk, dimana tidak semua ruas jalan tersedia saluran samping. Jika dilihat dari perhitungan analisis, umur sisa jalan yaitu sebesar 2,23 tahun atau masih tersisa 816,63 hari dari umur rencana yang telah ditentukan. Melihat kondisi tersebut maka perlu dilakukannya pemeliharaan jalan secara rutin karena kondisi perkerasan selalu mengalami penyusutan yang lebih cepat dibandingkan umur rencana. Alternatif penanganan yang dapat dilakukan di lapangan yaitu dengan cara penambalan (*paching*) pada setiap titik kerusakan setelah itu dapat dilakukan penambahan lapis ulang (*overlay*).

Kata kunci: bina marga 2002, drainase, kerusakan jalan, pemeliharaan jalan

Abstract

Drainage is one of the main factors contributing to road damages. Bad drainage which cannot hold water properly will spill water into the street, which, coupled with heavy load of traffic, can cause damages to asphalt layer of the road by degrading binding quality of the asphalt. The water which penetrate into the asphalt road can cause cracks and potholes. The potholes will further enforces water into deeper layer of the road and cause further damages. This research was conducted on the street of Prof. Suharso Km. 0 + 000 – Km. 1 + 500, Boyolali,

Central Java. The road was categorized District road which is an outer ring road connecting to Surakarta. The road has high traffic load. The research used BinaMarga 2002 as a parameter to measure the damages, outcome analysis M_R , ITP value and ESAL value using primary and secondary data. Drainage quality was analyzed using debit analysis as its parameter. The research aims to know the early damage analysis on the flexible pavement and the impacts of the drainage quality on the flexible pavement. The results of the study showed that from a visual survey of the road, the majority of damages on the street of Prof. Suharso was cracks (66.08%). This condition was resulted from several factors: bad drainage system alongside the road. From the analysis, it was found that the remaining age of the road was 816.63 days, from the supposedly 2.23 years. Seeing the problem, it is needed that a routine road work is conducted on the outer layer of the road. Another solution is patching the potholes and put new layer on top of that.

Keywords: bina marga 2002, drainage, potholes, road work

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana yang sangat menunjang bagi kebutuhan hidup masyarakat, kerusakan jalan dapat berdampak pada kondisi sosial dan ekonomi terutama pada prasarana transportasi darat. Dampak pada konstruksi jalan yaitu perubahan bentuk lapisan permukaan jalan berupa lubang (*potholes*), bergelombang (*rutting*), retak-retak dan pelepasan butiran (*ravelling*) serta gerusan tepi yang menyebabkan kinerja jalan menjadi menurun.

Komprehensifitas perencanaan prasarana jalan di suatu wilayah mulai dari tahapan prasurvey, perencanaan dan perancangan teknis, pelaksanaan pembangunan fisiknya hingga pemeliharaan harus integral dan tidak terpisahkan sesuai kebutuhan saat ini dan prediksi umur pelayanannya di masa mendatang agar tetap terjaga ketahanan fungsionalnya. Jalan Prof Suharso yang terletak di wilayah Kabupaten Boyolali adalah jalan Kabupaten, yang berfungsi sebagai jalur lingkar luar Kota Boyolali menuju Surakarta.

Beban jalan yang diterima dapat dikatakan tinggi karena kendaraan berat diwajibkan melewati jalan lingkar luar Kota Boyolali. Jalan Prof Suharso memang sudah dirancang untuk menahan beban yang tinggi akan tetapi kerusakan tidak bisa di hindari karena faktor alam, kondisi tanah, dan kontur jalan yang naik turun

tajam. Dilihat dari kontur jalan yang naik turun, maka drainase sangat berpengaruh dan sangat penting untuk diperhitungkan dengan baik.

2. METODE

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan penelitian untuk memperjelas pada proses penelitian. Adapun tahapan pada penelitian tersebut adalah :

2.1 Tahap I : Persiapan

Dalam pekerjaan persiapan awal penelitian ini yang dilakukan adalah: Studi literatur dimana dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan dan penyusunan studi literatur yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir, terutama dengan metode Bina Marga. Penyusunan metode penelitian yang didasarkan pada topik sebagai acuan dan standar prosedur dalam penelitian. Penentuan ruas jalan yang ditinjau, untuk studi kasus dalam penelitian ini adalah ruas jalan Prof Suharso

2.2 Tahap II : Persiapan dalam Penelitian di Lokasi

Dalam melakukan persiapan penelitian, dilakukan dengan survei di lokasi yang ditinjau didasarkan pada lingkup penelitian yang menjadi rumusan masalah, agar penelitian bisa lebih fokus dan terperinci.

2.3 Tahap III : Pengumpulan Data Primer dan Data Sekunder

Pada bagian pengumpulan data, semua data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan apabila data sekunder tidak tersedia dan mencukupi. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait, dimana pertama dilakukan dengan prosedur persiapan administrasi yaitu surat-surat pengajuan yang ditujukan ke Dinas PU & ESDM Ditjen Bina Marga Boyolali

2.4 Tahap IV : Analisis berdasarkan metode Bina Marga

Bagian analisis, dilakukan setelah tahap pengumpulan data dan survei di lokasi selesai dilaksanakan dan semua data yang dibutuhkan sudah diperoleh. Kegiatan yang akan dilakukan dalam tahap analisis adalah: analisis metode Bina Marga, analisis kondisi kerusakan jalan, analisis kondisi saluran drainase, dan menghitung umur sisa perkerasan.

2.5 Tahap V : Kesimpulan dan Saran

Bagian kelima dari penelitian ini adalah akhir dari penelitian, setelah dilakukan pengkajian dan analisis yang diperoleh mengenai kondisi kerusakan jalan dan penyebabnya, maka dapat ditarik kesimpulan yang kemudian dapat dipakai sebagai bahan dalam memberikan saran dalam penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

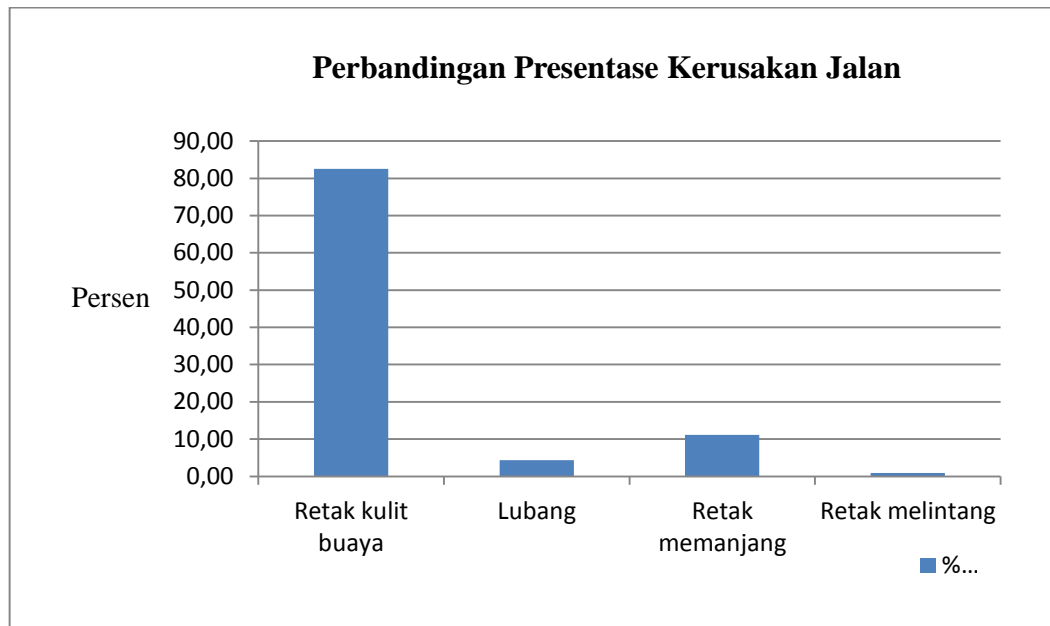
3.1 Data Kerusakan Jalan

Berdasarkan hasil survei kondisi permukaan, pengamatan di lapangan secara visual, persentase dan jenis kerusakan dapat dilihat pada Tabel 1, selanjutnya grafik dari pengamatan digambarkan pada Gambar 1 :

Tabel 1 Presentase dan luas kerusakan yang terjadi

Segmen	Jenis Kerusakan	Luas (m ²)	% Kerusakan jalan
0+000-0+300	retak kulit buaya	154,53	37,82
	lubang	8	1,96
	tambalan	4,2	1,03
0+300-0+600	retak kulit buaya	131,6	32,21
	lubang	9,62	2,35
	retak memanjang	12,31	3,01
0+600-0+900	retak kulit buaya	51,28	12,55
	retak memanjang	5,13	1,26
	retak melintang	3,82	0,93
0+900-1+200	retak memanjang	12,4	3,03
1+200-1+500	retak memanjang	15,72	3,85
Total		408,61	100

Sumber : Hasil Analisis



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 1. Perbandingan Presentase Kerusakan Jalan

3.2 Analisis Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)

Kemampuan pelayanan awal untuk perkerasan di ruas yang dikaji diperoleh nilai :

$$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,0 - 2,0 = 2,0 \quad (1)$$

3.3 Analisis Metode Bina Marga

3.3.1 Reliabilitas

Berdasarkan nilai reliabilitas pada ruas jalan Prof Suharso. Besaran yang berpengaruh ditentukan sebagai berikut : Nilai Reliabilitas untuk jalan kolektor sebesar 85%. Nilai *Standar Normal Deviate* (Z_R) sebesar -1,037. Deviasi standar keseluruhan S_o sebesar 0,4 (untuk perkerasan lentur menggunakan nilai kisaran 0,40 – 0,50).

3.3.2 Analisis Modulus Resilient (M_R)

Nilai M_R dapat di estimasikan:

$$\begin{aligned} M_R &= 1500 \times CBR^* \text{ (psi)} \\ &= 1500 \times 7 \\ &= 10500 \text{ psi} \end{aligned} \quad (2)$$

3.3.3 Analisis Structural Number

Nilai ITP diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{ITP} &= 0,40 \times 7,5 + 0,28 \times 7,5 \times 1,25 + 0,12 \times 7,0 \times 1,25 \\ &= 6,675 \sim 7 \text{ cm} \end{aligned} \quad (3)$$

3.4 Data Perhitungan Lalu Lintas Pada Lajur Rencana (W_{18})

Tabel 2. Perhitungan Beban Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	LHR (Kendaraan/hari/2 arah)	$E_{\text{kendaraan}}$	Faktor Pertumbuhan lalu lintas (%)
Mobil	1103	0,0003	7%
Truck 2 AS	268	0,292	4%
Truck 3 AS	46	3,104	4%
Bus	197	1,480	3%
Truck 5 AS	15	49,66	2%

Sumber : Hasil Analisis

LHR dalam kendaraan/hari/2 arah diubah menjadi LHR dalam lss/hari/2 arah

- a. Sedan = $1103 \times 0,0003 = 0,3309$
- b. Truck 2 AS = $268 \times 0,292 = 78,265$
- c. Truck 3 AS = $46 \times 3,104 = 142,784$
- d. Bus = $197 \times 1,480 = 291,56$
- e. Truck 5 AS = $15 \times 49,66 = 744,9$

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{\text{total}} &= 1257,8399 \text{ ss/hari/2 arah} \\ W_{18}(\text{Np}) &= 1257,8399 \times 0,5 \times 0,9 \times 365 \times 12,01 \\ &= 2.481.268,445 \text{ ss/umur rencana/lajur rencana} \end{aligned} \quad (4)$$

3.5 Analisis ESAL

Hasil perhitungan repetisi beban selama umur rencana diperoleh nilai ESAL dengan faktor pertumbuhan lalu lintas (N) yang didapatkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Nilai total ESAL tahun 2016 untuk ruas Jalan Profesor Suharso

Jenis Kendaraan	$E_{\text{kendaraan}}$	LHR		i %	N (*)	ESAL lss/ur/lajur (**)
		(Kend/hari/2 arah)	lss/hari/2 arah			
Mobil	0,0003	1103	0,3309	7	13,82	751,1214915
Truck 2 AS	0,292	268	78,256	4	12,01	154371,1115
Truck 3 AS	3,104	46	142,784	4	12,01	281661,7867
Bus	1,48	197	291,56	3	11,46	548804,8458
Truck 5 AS	49,66	15	744,9	2	10,95	1339730,584
Total ESAL 2016						2.325.319

Sumber : Hasil Analisis

Contoh perhitungan pada Mobil :

$$W_{18} = 0,0003 \times 1103 \times 13,87 \times 365 \times 0,5 \times 0,9 = 751,1215 \text{ lss/ur/lajur} \quad (5)$$

3.6 Analisis data-data ruas jalan Prof Suharso

Tabel 4. Data LHR pada 10 tahun Umur Rencana

LHR	Sedan	Truck 2 AS	Truck 3 AS	Bus	Truck 5 AS
LHR 2007	840	195	19	142	8
LHR 20011	923	239	31	158	14
LHR 2016	1103	268	46	197	15

Sumber : Hasil Analisis

Data Inventarisasi jalan :

- Kategori Jalan = Kolektor
- Jumlah lajur = 2 lajur
- Perkerasan Jalan :

Lap. Permukaan : 8 cm (LASTON ; $a_1^* = 0,4$; NK = 60%)

Lap. Pondasi Atas : 10 cm (LASTON ATAS ; $a_2^* = 0,28$; NK = 90%)

Lap. Pondasi Bawah : 16 cm (SIRTU ; $a_3^* = 0,14$; NK = 20%)

Dari hasil survei di lokasi dapat disimpulkan bahwa di ruas jalan Prof Suharso terdapat drainase jalan, tetapi saluran drainase tidak dapat menampung debit air secara maksimal sehingga mengakibatkan terjadinya luapan air ke badan jalan dan mengakibatkan genangan

Tabel 5. Perhitungan Analisis Saluran Pada Kawasan Penelitian

No	Saluran	Kemiringan Saluran *	Kecepatan Aliran	Catchmen area (ha)	n*	Q rencana	Keterangan ***
1	0 + 000 - 0 + 500	0.05	2.40	0.025	0.012	0,384	drainase
2	0 + 500 - 1+ 000	0.05	4.25	0.070	0.023	0,561	pembuangan, drainase
3	1+ 000 - 1+ 500	0.05	4.25	0.070	0.023	0,561	pembuangan, drainase

Sumber: Hasil Analisis

Catatan :

(*) didapat dari data asumsi

(**) didapat dari lampiran data n meaning

(***) didapat dari hasil kualitas drainase time to drain, pengamatan di lapangan, dan wawancara warga sekitar

3.7 Analisis Umur Sisa

Dari analisis struktural yang didasarkan pada data survei kondisi maka dapat diperoleh umur sisa dengan perhitungan sebagai berikut :

$$n = \frac{\log\left((2 \cdot 15,05) + \left(\frac{2}{8+1}\right)\right) - \log\left(\frac{2}{8+1}\right)}{\log(8+1)} \quad (6)$$

$$= 2,23 \text{ tahun} = 816,63 \text{ hari}$$

N = Faktor umur rencana (tabel 3.5)

n = umur sisa jalan (tahun)

R = Perkembangan Lalulintas (tabel 3.5)

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil observasi di lapangan dan menurut hasil dari analisis yang dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu sebagai berikut: Ketersediaan fasilitas jalan dan kinerjanya di ruas jalan Prof Soeharso. Berdasarkan hasil survei kualitas drainase dapat disimpulkan *time-to-drain* di Ruas Jalan Prof Suharso tergolong sedang, di mana lama waktu air tergenang sekitar 2-4 hari dan 3-4 hari

Pengaruh Kualitas drainase terhadap kerusakan jalan Prof Suharso. Jalan Prof Suharso tidak dapat meloloskan air dengan cepat, hal ini yang menjadi penyebab utama terjadinya kerusakan jalan. Kerusakan jalan yang terjadi didominasi oleh kerusakan retak kulit buaya sebesar 66,08% dari luas total keseluruhan jalan yang dikaji sepanjang 1,5 km. Kondisi ini juga terjadi karena faktor lain, yaitu kondisi drainase jalan yang buruk, dimana tidak semua ruas jalan tersedia saluran drainase samping.

Hubungan kerusakan jalan terhadap umur sisa konstruksi jalan dan penanganan kerusakan dini : Jika dilihat dari perhitungan analisis, bahwa pada ruas Jalan Prof Suharso mempunyai umur sisa jalan sebesar 2,23 tahun atau masih tersisa 816,63 hari dari umur rencana yang telah ditentukan. Melihat kondisi tersebut maka perlu dilakukannya pemeliharaan rutin dan berkala, karena kondisi perkerasan selalu mengalami penyusutan yang lebih cepat dibandingkan umur rencana. Pada analisis data sekunder pertumbuhan lalu lintas pada tahun 2016 memperoleh hasil LHR total sebesar 1257,8339 ss/hari/2 arah dan total ESAL tahun 2007 sampai 2016 sebesar 2.325.319 ss/hari/2 arah, sebagai acuan

perhitungan struktur perkerasan yang berpengaruh pada rusaknya struktural perkerasan dan mengurangi umur pelayanan.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan Metode Bina Marga 2002 dan setelah dilakukan survei kualitas drainase, maka ruas Jalan Prof Suharso mengalami kerusakan dini akibat dari drainase yang kurang baik. Air yang menggenang di badan jalan tidak dapat mengalir ke dalam saluran samping jalan, sehingga perkerasan jalan mengalami kejenuhan. Dari hal tersebut maka perlu dilakukan rehabilitasi jalan guna meningkatkan kekuatan struktur jalan. Tetapi dalam perbaikan tidak hanya dilakukan dengan penambalan atau pelapisan ulang saja, namun perlu dilakukannya perencanaan ulang saluran samping jalan.

4.2 Saran

Setelah melakukan kajian pada penelitian ini maka dapat diberikan saran sebagai berikut : Sebelum dilakukannya perbaikan jalan perlu dilakukannya survei kondisi jalan secara langsung agar perbaikan dapat dilakukan secara maksimal atau sesuai dengan kerusakan jalan dilapangan.

Dengan melihat kondisi drainase serta kondisi perkerasan jalan secara visual dan analisis dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukannya rehabilitasi/pemeliharaan karena kurang berfungsinya saluran samping, serta perlu penambahan saluran pada setiap ruas jalan yang belum terdapat saluran samping.

Pemeliharaan rutin dapat dilakukan setiap tahun untuk mempertahankan struktur perkerasan agar tetap dalam kondisi yang baik. Pemeliharaan berkala dilakukan setiap 2 sampai 3 tahun agar tidak terjadi kerusakan yang lebih buruk yang dapat mengganggu pengendara lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrosyid, Jaji. 2016. *Materi Perkuliahan Drainase*. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Budiyono. 2012. *Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode PCI Dan Alternatif Penyelesaiannya (Studi Kasus Ruas Jalan Purwodadi – Solo Km 12+000 – Km 24+000)*. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.

- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur* Pd T-01-2002-B. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga DPU. *Manual pemeliharaan Jalan Nomor : 03/MN/B/1983*.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2007, *Pemeliharaan Jalan Raya*, UGM Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2015, *Perencanaan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah*, UGM Press, Yogyakarta.
- Jurusan Teknik Sipil, 2001, *Pedoman Penyusunan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- L. Hendarsin. Shirley, 2000, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Prasetyo. 2012 *Analisa Pengaruh Beban Berlebih (Overload) terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Menggunakan Nottingham Design Method (Studi Kasus: Ruas Jalan Pantura)*. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Riwibowo. 2012. *Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Umur Pelayanan Jalan Dengan Metode Analisa (Studi kasus : Ruas Jalan Tol Semarang)*. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Riyanto, A, 1996, *Diktat Jalan Raya III*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sukirman, S., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung
- Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 2010, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Bandung, Nova.
- Suryadharma, H., Susanto, B., 1999, *Rekayasa Jalan Raya*, Yogyakarta, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Triadmodjo, Bambang. 2006, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Unggul, 2015, *Analisis Kualitas Drainase Terhadap kerusakan Dini Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Solo-Jogja)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.